



(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : G02B 6/14, 6/16, H04B 10/18		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/14579
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 16. März 2000 (16.03.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/05664		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 5. August 1999 (05.08.99)			
(30) Prioritätsdaten: 198 41 068.9 9. September 1998 (09.09.98) DE		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DEUTSCHE TELEKOM AG [DE/DE]; Friedrich-Ebert-Allee 140, D-53113 Bonn (DE).			
(72) Erfinder; und			
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DULTZ, Wolfgang [DE/DE]; Marienberger Strasse 37, D-65936 Frankfurt/M. (DE). DULTZ, Gisela [DE/DE]; Marienbergerstrasse 37, D-65936 Frankfurt/M. (DE). PRINS, Erna [UY/UY]; Garibaldi 2859 Ap. 403, 11600 Montevideo (UY). SCHMITZER, Heidrun [DE/DE]; König-Philipp-Weg 25, D-93051 Regensburg (DE).			
(74) Gemeinsamer Vertreter: DEUTSCHE TELEKOM AG; Technologiezentrum, Patentabteilung EK03, D-64307 Darmstadt (DE).			

(54) Title: OPTICAL JUNCTION SECTION

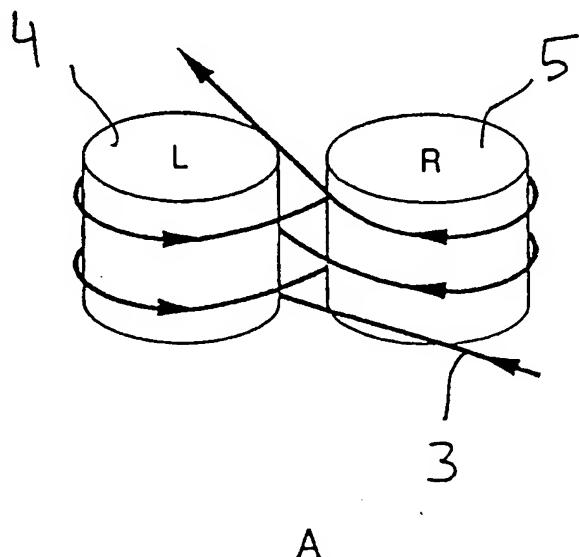
(54) Bezeichnung: OPTISCHE VERBINDUNGSSTRECKE

(57) Abstract

The present invention relates to an optical junction section comprising at least one optical fibre and used mainly for transmitting information. The optical fibre is bent several times, while portions of the fibre bent on the right (R) and on the left (L) are arranged about the whole junction section so that the twisting applied at the fibers (B) on said junction section is approximately equal to zero. This junction section is compact, flexible and has a length that can be modulated. This section essentially reduces the sensitivity of the optical-signal polarisation state relative to the shape variation of said junction section.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine optische Verbindungstrecke mit wenigstens einer Lichtleitfaser, insbesondere zur Nachrichtenübertragung, bei welcher die Lichtleitfaser mehrfach gebogen ist, wobei Faserstücke mit Rechts- (R) und Linkskrümmung (L) derart über die Verbindungsstrecke verteilt angeordnet sind, daß die über die Verbindungsstrecke gemittelte Torsion der Faser (3) etwa Null ist. Die erfindungsgemäße Verbindungsstrecke ist kompakt und flexibel, insbesondere längenveränderlich. Des weiteren dient sie zur Reduktion der Empfindlichkeit des Polarisationszustands des optischen Signals gegenüber Formänderungen der Verbindungsstrecke.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasiliens	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

- 1 -

Optische Verbindungsstrecke

Technisches Gebiet:

Die Erfindung betrifft eine bewegliche optische Verbindungsstrecke mit
5 wenigstens einer Lichtleitfaser, insbesondere zur Nachrichtenübertragung
oder zur interferometrischen Messung.

Stand der Technik:

Optische Glasfaserstrecken zur Übertragung von Informationen mit Licht sind
10 sowohl für lange Strecken in der Telekommunikation als auch für kurze
Strecken innerhalb von Gebäuden und Fahrzeugen und Maschinen, aber auch
in elektronischen Rechenmaschinen von großem Vorteil, da sie eine hohe
Datenübertragungsdichte bei geringen Leistungsverlusten gewährleisten.
Besonders bei der Verbindung von optischen Sensoren zur Messung
15 physikalischer Parameter wie Druck, Temperatur usw. sind
Glasfaserzuleitungen und Glasfaserableitungen günstig, da sie dünn und
flexibel sind, dabei aber mechanisch sehr dauerhaft. Des Weiteren können sie
im Gegensatz zu elektrisch leitenden Verbindungen keine elektrischen
Überschläge und Kurzschlüsse verursachen. Die hohe Übertragungskapazität
20 der Glasfaser erlaubt es, Sensoren und Meßeinrichtungen zu ändern oder
aufzurüsten, ohne die Verbindungsstrecken auszuwechseln, was in
Fahrzeugen, Gebäuden, Maschinen oder Produktionseinrichtungen erhebliche
Einsparungen ergeben kann. Oft müssen die Glasfaserverbindungen
mechanisch bewegt werden, z. B. in Robotern, aber auch in Gebäuden und
25 Fahrzeugen sind dehnungsbedingte Bewegungen zwischen verschiedenen
Bauteilen häufig.

Glasfaserstrecken zur Informationsübertragung sind daher immer dann
besonders vorteilhaft, wenn hohe Informationsdichten übertragen werden
30 sollen und die Verbindung mechanisch flexibel sein muß, da Sender und
Empfänger der Information einen zeitabhängig variablen örtlichen Abstand
voneinander haben.

Hierbei tritt das Problem auf, daß bei großen Positions- und insbesondere
35 Abstandsänderungen von Sender und/oder Empfänger in Form einfacher
Kabel vorliegende optische Verbindungsstrecke die Gesamtanordnung, z.B.
ein Roboter mit Fernsteuerung, durch die notwendige Längenreserve des
Kabels behindert werden kann. So können einzelne Teile, welche über eine

- 2 -

optische Verbindungsstrecke miteinander kommunizieren, durch Kabelschlaufen mechanisch blockiert werden. Weiterhin kann es zu "Kabelsalat" kommen.

- 5 Ein weiteres Problem bei Positions- und Abstandsänderungen von Sender und/oder Empfänger ist durch die Natur des optischen Übertragungssignals begründet:

Bei Nachrichtenübertragungen hoher Qualität und Übertragungsfrequenz
10 muß der Polarisationszustand des optischen Nachrichtenflusses in der Lichtleitfaser sowie in den übrigen optischen Komponenten kontrolliert werden. Im Fall kohärenter Übertragungen müssen z. B. interferenzfähige Mischungen des optischen Nachrichtenflusses mit anderen Lichtquellen erfolgen, die nur dann optimal sind, wenn die Polarisationszustände
15 annähernd gleich sind. Bei hochbitratigen Übertragungen limitiert die Polarisationsmodendispersion der Faser die Empfangsqualität, und nur durch eine sorgfältige Kontrolle der Polarisation kann die Übertragungsfrequenz erhöht werden. Auch in vielen anderen optischen Bauteilen hängt die Leistung von der Polarisation des Lichtes ab.

20 Der Polarisationszustand des Lichtes in einer Glasfaser ist im allgemeinen nicht konstant. Jede Glasfaser hat eine gewisse elliptische Doppelbrechung, so daß sich die Polarisation des Lichtes in der Faser kontinuierlich ändert. Diese Änderung pflanzt sich bis zum Ende der Faser fort, und da sie von der
25 Geometrie der Faserkurve im Raum abhängt, ändert sich der Polarisationszustand am Ausgang einer bewegten Faser mit der Bewegung.

Dieser Polarisationseffekt wird bisher dadurch vermindert, daß die optische Nachrichtenübertragung in einer der Eigenmoden einer
30 polarisationserhaltenden Faser erfolgt. Diese polarisationserhaltenden Fasern sind sehr stark doppelbrechend, so daß eine Überkopplung zwischen den beiden Polarisationsmoden in der Faser praktisch nicht erfolgt. Da es sich bei der Polarisationsänderung des Lichtes in einer Glasfaser um einen Effekt der Phasenverschiebung zwischen den Eigenmoden des Lichtes handelt, tritt die
35 Polarisationmodendispersion nicht auf, wenn sich das Licht in der Faser permanent nur in einer Eigenmode fortpflanzt.

- 3 -

Der Nachteil dieser Methode ist der, daß die polarisationserhaltenden Fasern teuer sind. Außerdem muß die Einkopplung des Lichtes am Eingang der polarisationserhaltenden Faser in einem definierten Polarisationszustand erfolgen.

5

Technische Aufgabe:

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine optische Verbindungsstrecke zur Verfügung zu stellen, bei welcher die geschilderten Probleme nicht auftreten. Insbesondere soll zur Gewährleistung einer hohen 10 Übertragungsqualität der Polarisationszustand des Lichts nicht wesentlich von Formänderungen der Verbindungsstrecke und damit von Positionsänderungen von Sender und Empfänger abhängen. Des weiteren soll die Verbindungsstrecke an Formänderungen, insbesondere Längenänderungen leicht anpaßbar, dabei aber stets übersichtlich sein.

15

Offenbarung der Erfindung:

Die Aufgabe wird gelöst durch eine optische Verbindungsstrecke mit wenigstens einer Lichtleitfaser, insbesondere zur Nachrichtenübertragung, bei welcher die Lichtleitfaser mehrfach gebogen ist, wobei Faserstücke mit 20 Rechts- und Linkskrümmung derart über die Verbindungsstrecke verteilt angeordnet sind, daß die über die Verbindungsstrecke gemittelte Torsion der Faser etwa Null ist.

25

Die erfindungsgemäße optische Verbindungsstrecke ist somit derart gestaltet, daß die Empfindlichkeit des Polarisationszustands des optischen Übertragungssignals gegenüber Formänderungen der Verbindungsstrecke bzw. der Lichtleitfaser weitgehend kompensiert ist. Dieses ist erfindungsgemäß dadurch gewährleistet, daß die Lichtleitfaser mehrfach gebogen ist, wobei Faserstücke mit Links- und Rechtskrümmung derart über 30 die Verbindungsstrecke verteilt angeordnet sind, daß die über die Verbindungsstrecke gemittelte Torsion der Faser etwa Null ist. Vorzugsweise gilt dieses auch für einzelne Unterabschnitte der Faser, so daß Links- und Rechtskrümmungen gleichmäßig über die Faser verteilt sind. Vorzugsweise ist die Faser schraubenförmig abwechselnd als Rechts- und Linksschraube 35 gewunden. Es sind auch Mischformen mit einem ebenen Mäander möglich.

Grundlage dieser Erfindung ist die bewegungs- und formabhängige Doppelbrechung einer optischen Faser: Die lineare Doppelbrechung hängt

- 4 -

stark von der Elliptizität des Faserkerns, weniger stark von der Biegung der Faser und kaum von der Schraubenwindung mit großem Radius der Faser ab. Demgegenüber hängt die zirkulare Doppelbrechung kaum von der Elliptizität des Faserkerns und von der Biegung der Faser ab, dagegen sehr stark von der Schraubenwindung der Faser. Die Hauptursache für die Formabhängigkeit des Polarisationszustandes am Ausgang einer Glasfaser ist die starke Abhängigkeit der optischen Aktivität der Faser von der genauen Form ihrer Schraubenwindungen. Dieser Effekt ist in erster Näherung achromatisch und verursacht keine Polarisationsmodendispersion. Er wird durch eine der sogenannten optischen Berry-Phasen, die "Spinredirektionsphase" verursacht (R.Y. Chiao, Y.S. Wu, Phys. Rev. Lett. 57, 933 (1986)). Es handelt sich bei dieser Berry-Phase (oder geometrischen Phase) um einen Phaseneffekt, der durch die Struktur der Raumkurve der Faser verursacht wird und nicht durch einen optischen Weg wie bei der normalen dynamischen Phase des Lichtes.

Dennoch haben geometrische Phasen bezüglich der Interferenz des Lichtes dieselben Eigenschaften wie die normale dynamische Phase.

Die Größe der Spinredirektionsphase in einer schraubenförmig gewundenen Faser ist gleich dem Raumwinkel Ω , den der k -Vektor (k entspricht den Ausbreitungskonstanten β in der technischen Literatur) auf der Kugel der Orientierungen der Lichtausbreitung im Gegenuhrzeigersinn umläuft, wenn das Licht in der Faser durch eine Schraubenwindung geführt wird. Die Spinredirektionsphase ist additiv und ändert ihr Vorzeichen, wenn sich der Schraubensinn der Faser ändert, z. B. von der Links- zur Rechtsschraube.

Zur Reduktion dieses formbedingten Polarisationseffekts muß die Faser aus gewundenen Faserstücken mit wechselndem Windungssinn bestehen. Beispielsweise sind die Faserstücke abwechselnd rechts und links gewunden, wobei der Raumwinkel, den der k -Vektor in den linksgewundenen Stücken umläuft, gleich dem Raumwinkel ist, den der k -Vektor in den rechtsgewundenen Stücken umläuft. Im einfachsten Fall folgt die Faser abwechselnd gleichlang und gleichgewunden einer Rechts- und dann einer Linksschraube, oder rechts- und linksgewundene Faserstücke einer festen Länge lösen sich abwechselnd ab.

Zur Reduktion der Polarisationsabhängigkeit von Formänderungen der Faserstrecke müssen die Abschnitte mit Rechts- und Linksschraubenwindung der Faser so auf der Faser verteilt werden, daß sich bei der Formänderung der

- 5 -

Faser die Änderungen $d\Omega_i$ der Raumwinkel Ω_i der k-Vektoren im i-ten Faserstück zu Null addieren, also $\sum d\Omega_i = 0$.

Die Polarisationsvariation eines optischen Signals am Ausgang einer
5 bewegten optischen Verbindungsstrecke mit einer Lichtleitfaser wird
vorteilhaft reduziert, indem die Lichtleitfaser mehrfach gebogen wird, wobei
Faserstücke mit Rechts- und Linkskrümmung derart über die
Verbindungsstrecke verteilt werden, daß die über die Verbindungsstrecke
gemittelte Torsion der Faser etwa Null ist.

10 Um die Polarisationsvariation auch bei Formänderungen nur eines Faserteils
zur reduzieren, wird die Lichtleitfaser vorzugsweise derart gebogen, daß die
über Unterabschnitte der Verbindungsstrecke gemittelte Torsion des
Unterabschnitts etwa Null ist. Ein Unterabschnitt ist dabei ein
15 Faserabschnitt, der wenigstens so lang ist, daß er rechts- und linksgewundene
Faserstücke enthält, deren Torsion sich jeweils ausgleicht, z.B. zwei
aufeinanderfolgende einzelne Rechts- bzw. Linkswindungen.

20 Vorteilhaft ist die Lichtleitfaser mit wechselndem Windungssinn um eine
gerade Anzahl, vorzugsweise zwei, nebeneinander liegender Trägerelemente
gewendet. Dabei kann einer oder mehreren Linkswindungen um eines der
Trägerelemente die entsprechende Anzahl von Rechtswindungen um ein
anderes Trägerelement folgen.

25 Eine andere Weiterbildung der Verbindungsstrecke sieht vor, daß sie zur Hin-
und Rückleitung des Lichtes wenigstens zwei schraubenförmig gewendelte
Lichtleitfasern mit unterschiedlichem Windungssinn aufweist. Dabei können
vorteilhaft beide Lichtleitfasern um dasselbe Trägerelement gewunden sein,
wobei und die äußere der beiden Windungen einen etwas größeren
30 Windungsabstand aufweist, so daß Hin- und Rückleitung etwa gleiche
betragsmäßige Torsion mit unterschiedlichem Vorzeichen haben.

Damit erlaubt die erfindungsgemäße Verbindungsstrecke
Nachrichtenübertragung in bewegten Fasern mit weitgehend reduzierter
35 Polarisationsvariation am Ausgang.

Um die Effekte der biegungs- und spannungsinduzierten Doppelbrechung des
Fasermaterials auf den Polarisationszustand des Übertragungssignals zu

- 6 -

vermindern, ist der Windungsradius der Lichtleitfaser nicht zu klein zu wählen. Er beträgt vorzugsweise wenigstens 2 cm, besonders bevorzugt wenigstens 3 cm.

- 5 In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Lichtleitfaser mit einem elastischen Trägermaterial verbunden ist, welches bei mechanischer Belastung eine Formveränderung der Verbindungsleitung ermöglicht und bei Nichtbelastung die Lichtleitfaser in ihrer gebogenen Ausgangsform hält.
- 10 Mit dieser Verbindungsstrecke läßt sich eine kompakte, aber bewegliche und längenveränderliche Verbindung zum optischen Datentransfer zwischen einem Sender und einem Empfänger herstellen. Dadurch wird eine mechanische Behinderung der Gesamtvorrichtung, welche Sender, Empfänger und Verbindungsstrecke umfaßt, vermindert. Des weiteren ist das
- 15 Ausgangssignal weitgehend unempfindlich gegenüber Formänderungen der Verbindungsstrecke.

Vorzugsweise ist die Lichtleitfaser schraubenförmig gewendet, z.B. nach Art eines Telefonkabels. Bei Belastung in Längsrichtung der Schraube bzw. des

20 Mäanders kann die Verbindungsstrecke zieharmonikaartig auseinandergezogen werden und nimmt bei Wegfall der Belastung wieder ihre kompakte Ausgangsform ein.

In einer vorteilhaften Weiterbildung ist die Lichtleitfaser um wenigstens ein

25 längliches Trägerelement gewunden, z.B. einen Zylinder. Vorzugsweise ist das Trägerelement flexibel. Das Trägerelement ist beispielsweise ein flexibler Stab.

Zur Realisierung und Stabilisierung ihrer gebogenen Form ist die Faser

30 vorzugsweise am Trägerelement so befestigt, daß sie in ihrer gewundenen Form beweglich ist, aber auf dem Trägerelement stabilisiert bleibt, z.B. indem sie in das Trägerelement eingelassen oder zwischen Trägerelement und einem Hüllmaterial eingebettet ist.

35 Kurzbeschreibung der Zeichnung, in der zeigen:
Figuren 1 bis 3 Beispiele für erfindungsgemäße Verbindungsleitungen zur Reduktion des Formeinflusses auf die Polarisation des Ausgangssignals;

- 7 -

Die Figuren 1 bis 3 zeigen Beispiele für erfindungsgemäße Verbindungsleitungen, welche kompakt, beweglich und flexibel sind. Des weiteren sind sie derart gestaltet, daß der Einfluß der Form der Verbindungsleitung auf die Polarisation des Ausgangssignals reduziert ist. Sie 5 sind also besonders geeignet, relativ zueinander ortsveränderliche optische Sender und Empfänger zum Zwecke der Datenkommunikation miteinander zu verbinden.

Im oberen Teil der Figur 1 ist ein Ausschnitt aus einer solchen 10 Verbindungsstrecke dargestellt, welche aus einem Zylinder 2 als Trägermaterial bzw. Trägerelement und einer Lichtleitfaser 1 besteht: Die Lichtleitfaser 1 ist schraubenförmig um den Zylinder 2 gewickelt, wobei der Sinn der Wendelung etwa in der Zylindermitte am Punkt B wechselt. Damit 15 ist die Torsion der Lichtleitfaser im linken Teil der Verbindungsstrecke negativ, im rechten positiv, so daß die gemittelte Torsion etwa Null ist.

Um den Sinn der Wendelung auf einem Zylinder zu wechseln, muß ein Bogen 20 B gewickelt werden. Dieser Bogen wird beispielsweise zusammen mit der übrigen Rechts-Links-Wicklung durch Klebstoff oder Schürung auf dem Zylinder befestigt, da er sich sonst löst.

Zur Herstellung einer längeren Verbindungsstrecke können sich mehrere 25 derartige Leitungsstücke gemäß Fig. 1 aneinander anschließen. Das dargestellte Faserstück ist dann ein Unterabschnitt, in dem die gemittelte Torsion etwa Null ist.

Im unteren Teil der Figur 1 ist schematisch der k-Vektor des in die Faser eingekoppelten Lichts und der dazugehörige Raumwinkel Ω dargestellt. Bezeichnet $r(s)$ die von der Faser beschriebene Raumkurve als Funktion der 30 Bogenlänge s , so ergibt sich der Raumwinkel Ω als Maß für die Berry-Phase aus der Torsion τ der Raumkurve wie folgt (s_1, s_2 bezeichnen den Anfang bzw. das Ende der Faser):

$$\int_{s_1}^{s_2} \tau(s) ds = \Omega \propto \Phi_{\text{Berry}}, \text{ wobei } k(s_1) = k(s_2)$$

35 In Figur 2 sind zwei weitere Beispiele für erfindungsgemäße Verbindungsstrecken bzw. Ausschnitte daraus gezeigt. In Figur 2A ist die Lichtleitfaser 3 doppelt über zwei Zylinder 4, 5 gewickelt. Um den Zylinder 4

- 8 -

beschreibt die Faser 3 eine Linkswindung (L), um den Zylinder 5 eine Rechtswindung (R). Durch das Abwechseln beider Zylinder wechselt stets eine Rechtsschraubenwindung und eine Linksschraubenwindung ab.

- 5 Die Glasfaser 3 ist dabei wie eine Telephonzuleitung in ein Material eingebettet, das formbeständig aber hochelastisch ist, so daß die Zuleitung ziehharmonikaartig auseinandergezogen werden kann und sich wieder zusammenzieht, wenn die Spannungskraft nachläßt. Des weiteren können die Zylinder 4, 5 selbst elastisch sein, um eine laterale Bewegung der
10 Verbindungsstrecke zu ermöglichen.

Die Rückleitung des optischen Signals kann durch die gleiche Glasfaser erfolgen, aber z. B. auf einem anderen spektralen Kanal. Da die geometrische Phase achromatisch ist und eine Rechtsschraube (Linksschraube) eine
15 Rechtsschraube (Linksschraube) bleibt, wenn sie in umgekehrter Richtung durchlaufen wird, tritt für die optische Hin- und Rückleitung derselbe Kompensationseffekt für die formabhängigen Polarisationsschwankungen auf.

An Stelle von zwei Zylinderwicklungen wie in Fig. 2A, kann die Faser auch
20 über mehr Zylinder, z. B. vier Zylinder 7, 8, 9, 10 geführt werden. Dies ist in Fig. 2B gezeigt. In dem Fall 2B wechseln sich ebenfalls Rechts- und Linksschleifen ab, jeweils gekennzeichnet durch R bzw. L.

Es ist grundsätzlich auch möglich, mehrere Linksschleifen auf mehrere
25 Rechtsschleifen folgen zu lassen, indem die Faser mehrfach um einen Zylinder gewickelt wird, ehe sie auf den nächsten Zylinder mit entgegengesetztem Windungssinn geführt wird. Wichtig ist, daß die Formel $\sum d\Omega_i = 0$ erfüllt bleibt und die Torsion der gesamten Lichtleitfaser ausgeglichen ist.
30 Die Achromasie der geometrischen Phase erlaubt es, sowohl Weißlichtquellen als auch mehr oder weniger monochromatische Lichtquellen zu verwenden.

Für den Fall einer Hin- und Rückführung des Lichtes durch die gleiche Verbindungsstrecke besteht die Möglichkeit, zwei Zylinderwicklungen
35 nebeneinander anzubringen, von denen die eine, eine Rechtsschraube, als Zuleitung dient und die andere, eine Linksschraube, als Rückleitung. Die elastischen Umhüllungen, die die Formelastizität der Leitung bestimmen, können voneinander getrennt sein, es ist jedoch vorteilhaft, sie

- 9 -

zusammenhängend zu gestalten, so daß sie sich nicht voneinander trennen können und die Bewegung der Leitung gemeinsam gleichartig mitmachen.

In diesem Fall einer einzigen Rechtsschraube als Hin(Rück)-Leitung und
5 einer einzigen Linksschraube als Rück(Hin)-Leitung können die beiden
elastischen Wendelungen 11, 12 auch auf einen einzigen Zylinder 13
übereinander gewickelt werden, wie in Figur 3 dargestellt. Da die äußere
Wicklung einen etwas größeren Durchmesser hat, muß ihre Steigung etwas
größer als die der inneren Wicklung gewählt werden, um die Bedingung
10 $\sum d\Omega_i = 0$ zu erfüllen.

Die hier beschriebenen Zu- und Ableitungen werden beispielsweise zwischen
einer ortsfesten Basisstation, z. B. dem Meß- oder Steuergerät und dem
beweglichen Sensor, z. B. einem Telephonhörer oder einem anderen Sensor
15 frei gespannt oder durch Rohre oder Drähte mit Zug- und Spannrollen
gestützt. Dadurch wird die Abhängigkeit der Polarisation des übertragenden
Lichtes von der Bewegung der Leitung reduziert. Eine Anwendung von
abwechselnd gewendelten Leitungen der beschriebenen Art ist auch zur
beweglichen Verbindung von verschiedenen Kabelstrecken in den
20 Knotenpunkten der Telekommunikation mit Hilfe von kurzen, mit Steckern
ausgerüsteten Glasfaserleitungen günstig. Diese frei beweglichen
Verbindungen führen dann eine wesentlich geringere zeitliche
Polarisationsänderung in den Nachrichtenfluß der Übertragungsstrecke ein,
als die gewöhnlichen Schleifenverbindungen. Außerdem reduzieren sie den
25 "Kabelsalat".

Gewerbliche Anwendbarkeit:

Die Erfindung läßt sich in allen Bereichen, in denen optische Signale über
Lichtleitfaserstrecken übertragen werden, gewerblich anwenden. Vorteilhaft
30 ist sie einsetzbar bei Anordnungen mit relativ zueinander
positionsveränderlichem Sender bzw. Empfänger eines optischen Signals, bei
denen die Qualität des Übertragungssignals häufig durch Formänderungen
der Übertragungsstrecke beeinträchtigt wird.

Patentansprüche

1. Optische Verbindungsstrecke mit wenigstens einer Lichtleitfaser, insbesondere zur Nachrichtenübertragung, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lichtleitfaser mehrfach gebogen ist, wobei Faserstücke mit Rechts- und Linkskrümmung derart über die Verbindungsstrecke verteilt angeordnet sind, daß die über die Verbindungsstrecke gemittelte Torsion der Faser etwa Null ist.
- 10 2. Optische Verbindungsstrecke nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lichtleitfaser derart gebogen ist, daß die über Unterabschnitte der Verbindungsstrecke gemittelte Torsion des Unterabschnitts etwa Null ist.
- 15 3. Optische Verbindungsstrecke nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lichtleitfaser schraubenförmig abwechselnd als Rechts- und Linksschraube gewunden ist.
- 20 4. Optische Verbindungsstrecke nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine oder mehrere Rechtswindungen auf eine oder mehrere Linkswindungen folgen und sich abwechseln, wobei die Länge des Faserstücks mit Rechtsschraubenwendelung der Länge des Faserstücks mit Linksschraubenwendelung entspricht.
- 25 5. Optische Verbindungsstrecke nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lichtleitfaser mit einem elastischen Trägermaterial verbunden ist, welches bei mechanischer Belastung eine Formveränderung der Verbindungsleitung ermöglicht und bei Nichtbelastung die Lichtleitfaser in ihrer gebogenen Ausgangsform hält.
- 30 6. Optische Verbindungsstrecke nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lichtleitfaser um wenigstens ein längliches Trägerelement, vorzugsweise einen Zylinder, gewunden ist.
- 35 7. Optische Verbindungsstrecke nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Trägerelement flexibel ist.

- 11 -

8. Optische Verbindungsstrecke nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Faser am Trägerelement befestigt derart befestigt ist, daß sie in ihrer gewundenen Form beweglich, aber auf dem Trägerelement stabilisiert bleibt.

5

9. Optische Verbindungsstrecke nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Faser in das Trägerelement eingelassen oder zwischen Trägerelement und einem Hüllmaterial eingebettet ist.

10 10. Optische Verbindungsstrecke nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lichtleitfaser mit wechselndem Windungssinn um eine gerade Anzahl, vorzugsweise zwei, nebeneinander liegender Trägerelemente gewendet ist.

15 11. Optische Verbindungsstrecke nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß einer oder mehreren Linkswindungen um eines der Trägerelemente die entsprechende Anzahl von Rechtswindungen um ein anderes Trägerelement folgt.

20 12. Optische Verbindungsstrecke nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie zur Hin- und Rückleitung des Lichtes wenigstens zwei schraubenförmig gewendelte Lichtleitfasern mit unterschiedlichem Windungssinn aufweist.

25 13. Verbindungsstrecke nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß beide Lichtleitfasern um dasselbe Trägerelement gewunden sind, wobei die äußere der beiden Windungen einen etwas größeren Windungsabstand aufweist, so daß Hin- und Rückleitung etwa gleiche Torsion mit unterschiedlichem Vorzeichen haben.

30

14. Optische Verbindungsstrecke nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Windungsradius der Lichtleitfaser größer als 2 cm, vorzugsweise größer als 3 cm ist.

1 / 3

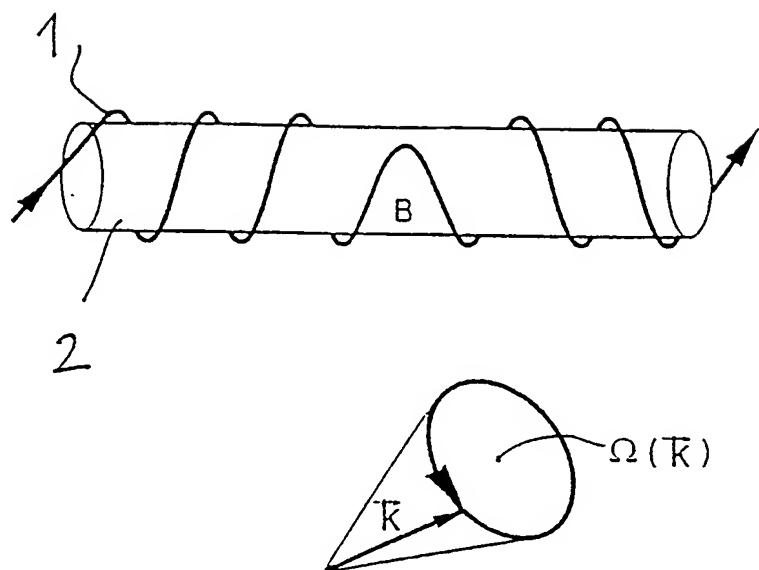
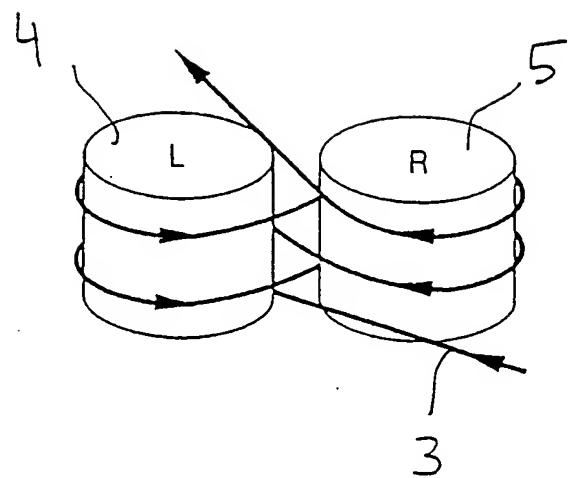
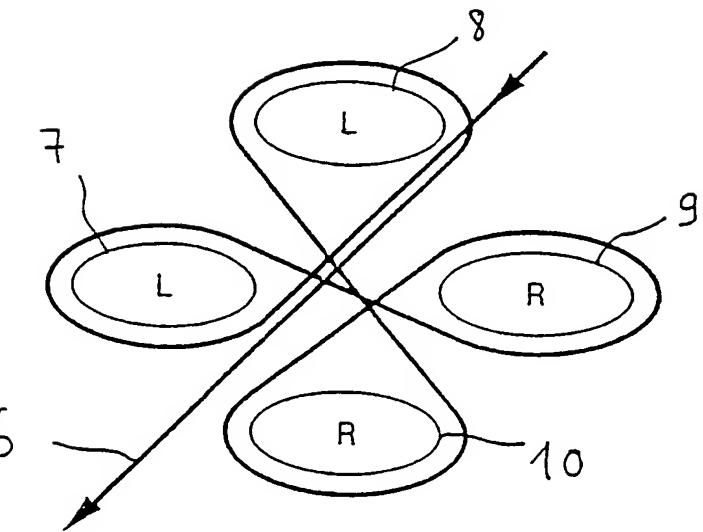


FIG. 1

2 / 3



A



B

FIG. 2

3 / 3

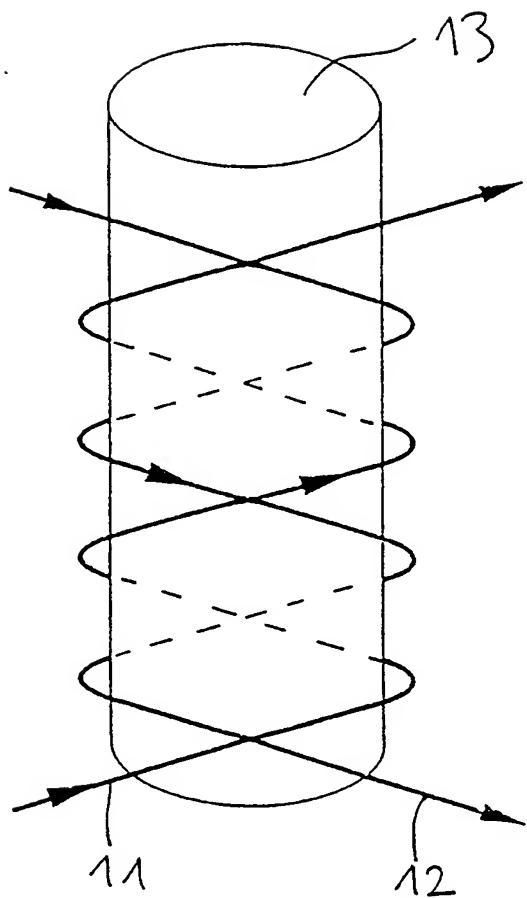


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In national Application No
PCT/EP 99/05664

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G02B6/14 G02B6/16 H04B10/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G02B H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 701 376 A (SHIRASAKI MASATAKA) 23 December 1997 (1997-12-23) figures 3A-8B column 11, line 1 - line 42 column 5 -column 10 column 4, line 6 - line 67 ---	1
A	EP 0 646 819 A (AT & T CORP) 5 April 1995 (1995-04-05) figures column 9, line 1 - line 54 column 8, line 22 - line 58 column 4 -column 5 column 3, line 15 - line 58 ---	1,6,9 -/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 13 December 1999	Date of mailing of the international search report 04/02/2000
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Mathyssek, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No
PCT/EP 99/05664

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 613 028 A (ANTOS A JOSEPH ET AL) 18 March 1997 (1997-03-18) column 7, line 1 - line 41 column 6, line 1 - line 67 column 5, line 41 - line 67 figure 3 ---	1, 3, 4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 06, 28 June 1996 (1996-06-28) & JP 08 050208 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE), 20 February 1996 (1996-02-20) the whole document ---	13
A	EP 0 582 405 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 9 February 1994 (1994-02-09) figures 2-6 column 6, line 1 - line 27 column 2 -column 5 column 1, line 47 - line 58 ---	1
A	US 5 408 545 A (LEE HO-SHANG ET AL) 18 April 1995 (1995-04-18) column 7, line 1 - line 60 column 3 -column 6 column 2, line 9 - line 68 figures 3A-7 ---	1
A	HALDANE F.D.M.: "Path dependence of the geometric rotation of polarization in optical fibers" OPTICS LETTERS., vol. 11, no. 11, November 1986 (1986-11), pages 730-732, XP002125466 OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON., US ISSN: 0146-9592 the whole document ---	1
A	PETROV N.I.: "Evolution of polarization in an inhomogeneous isotropic medium" JOURNAL OF EXPERIMENTAL AND THEORETICAL PHYSICS, vol. 85, no. 6, December 1997 (1997-12), pages 1085-1093, XP000861541 USA see sections 4 and 5 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/05664

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 5701376	A	23-12-1997	JP	9043443 A	14-02-1997
EP 0646819	A	05-04-1995	US	5440659 A	08-08-1995
			CA	2130722 A	31-03-1995
			JP	7168070 A	04-07-1995
US 5613028	A	18-03-1997	AU	698533 B	29-10-1998
			AU	6678796 A	05-03-1997
			BR	9610421 A	06-07-1999
			CA	2221989 A	20-02-1997
			CN	1192809 A	09-09-1998
			EP	0843833 A	27-05-1998
			JP	11510619 T	14-09-1999
			WO	9706457 A	20-02-1997
JP 08050208	A	20-02-1996	NONE		
EP 0582405	A	09-02-1994	US	5298047 A	29-03-1994
			CA	2098747 A,C	04-02-1994
			CN	1083449 A,B	09-03-1994
			JP	6171970 A	21-06-1994
			MX	9304583 A	28-02-1994
			US	5418881 A	23-05-1995
US 5408545	A	18-04-1995	NONE		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In: Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 99/05664

A. Klassifizierung des Anmeldungsgegenstandes
IPK 7 G02B6/14 G02B6/16 H04B10/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G02B H04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 701 376 A (SHIRASAKI MASATAKA) 23. Dezember 1997 (1997-12-23) Abbildungen 3A-8B Spalte 11, Zeile 1 - Zeile 42 Spalte 5 - Spalte 10 Spalte 4, Zeile 6 - Zeile 67 ---	1
A	EP 0 646 819 A (AT & T CORP) 5. April 1995 (1995-04-05) Abbildungen Spalte 9, Zeile 1 - Zeile 54 Spalte 8, Zeile 22 - Zeile 58 Spalte 4 - Spalte 5 Spalte 3, Zeile 15 - Zeile 58 ---	1,6,9 -/-



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"g" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. Dezember 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/02/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mathyssek, K

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In: Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 99/05664

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 613 028 A (ANTOS A JOSEPH ET AL) 18. März 1997 (1997-03-18) Spalte 7, Zeile 1 – Zeile 41 Spalte 6, Zeile 1 – Zeile 67 Spalte 5, Zeile 41 – Zeile 67 Abbildung 3 ---	1, 3, 4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 06, 28. Juni 1996 (1996-06-28) & JP 08 050208 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE), 20. Februar 1996 (1996-02-20) das ganze Dokument ---	13
A	EP 0 582 405 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 9. Februar 1994 (1994-02-09) Abbildungen 2-6 Spalte 6, Zeile 1 – Zeile 27 Spalte 2 – Spalte 5 Spalte 1, Zeile 47 – Zeile 58 ---	1
A	US 5 408 545 A (LEE HO-SHANG ET AL) 18. April 1995 (1995-04-18) Spalte 7, Zeile 1 – Zeile 60 Spalte 3 – Spalte 6 Spalte 2, Zeile 9 – Zeile 68 Abbildungen 3A-7 ---	1
A	HALDANE F.D.M.: "Path dependence of the geometric rotation of polarization in optical fibers" OPTICS LETTERS., Bd. 11, Nr. 11, November 1986 (1986-11), Seiten 730-732, XP002125466 OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON., US ISSN: 0146-9592 das ganze Dokument ---	1
A	PETROV N.I.: "Evolution of polarization in an inhomogeneous isotropic medium" JOURNAL OF EXPERIMENTAL AND THEORETICAL PHYSICS, Bd. 85, Nr. 6, Dezember 1997 (1997-12), Seiten 1085-1093, XP000861541 USA Siche Abbildungen 4 und 5 ---	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/05664

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5701376 A	23-12-1997	JP	9043443 A	14-02-1997
EP 0646819 A	05-04-1995	US	5440659 A	08-08-1995
		CA	2130722 A	31-03-1995
		JP	7168070 A	04-07-1995
US 5613028 A	18-03-1997	AU	698533 B	29-10-1998
		AU	6678796 A	05-03-1997
		BR	9610421 A	06-07-1999
		CA	2221989 A	20-02-1997
		CN	1192809 A	09-09-1998
		EP	0843833 A	27-05-1998
		JP	11510619 T	14-09-1999
		WO	9706457 A	20-02-1997
JP 08050208 A	20-02-1996	KEINE		
EP 0582405 A	09-02-1994	US	5298047 A	29-03-1994
		CA	2098747 A,C	04-02-1994
		CN	1083449 A,B	09-03-1994
		JP	6171970 A	21-06-1994
		MX	9304583 A	28-02-1994
		US	5418881 A	23-05-1995
US 5408545 A	18-04-1995	KEINE		